稻作的智慧農業監測新技術-利用人工智慧(AI)建構褐飛蝨辨識系統的介紹

農試所作物組 賴明信 曹懷文　農試所嘉義分所 黃守宏

一、前言

褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens*) 是一種重要的農業害蟲，主要以水稻為食，常對東南亞、大陸沿海省分及臺灣等一帶的稻米生產造成重大威脅。成蟲體色呈褐色或灰褐色，體型小巧，體長僅約 3 至 4 毫米。褐飛蝨使用刺吸式口器刺入水稻植株體內吸取汁液，導致植株營養不足黃化乾枯。嚴重時，水稻田會大片枯萎倒伏，出現「蝨燒」現象 (圖一)，導致稻穀產量大幅減少。

二、褐飛蝨危害稻田

褐飛蝨繁殖能力極強，每年可繁殖多個世代，尤其在溫暖濕潤的環境中繁殖更為迅速。它們不僅吸食稻株汁液，還能傳播水稻病毒，進一步加劇危害。目前，在稻米生產上除了種植抗蟲水稻品種外 (例如「台農85號」)，褐飛蝨防治主要依賴施用農藥，現行的用藥建議是當每叢稻株上有超過5隻褐飛蝨時應立即進行防治。農民進行防治除了可以依照自行巡視田地發現蟲蹤跡外，也可以參考農政單位發布的預警訊息。然而，由於褐飛蝨體型小且喜愛棲息於稻株基部，在稻田間查看蟲隻並非易事，造成掌握正確的防治時機困難，成為防治成敗的關鍵。

三、利用智農技術輕鬆防治褐飛蝨

「褐飛蝨警示技術」即為了掌握防治關鍵時機應運而生。此技術乃透過手機的相機功能，建構一個即時且及時的跨區域互動警報網絡。技術概念為農民以自己的手機設備拍攝稻植基部，經由應用程式將照片上傳至雲端資料庫，由雲端資料庫中的辨識程式判斷照片中的褐飛蝨數量，回饋警示燈號給農民作為進行防治判斷依據(圖二)。在集團專區生產上，產銷班農民也可以作為相同品種、相同育苗中心及相同插秧期之稻株的警示燈號，作為判斷進行共同防治的參考依據。

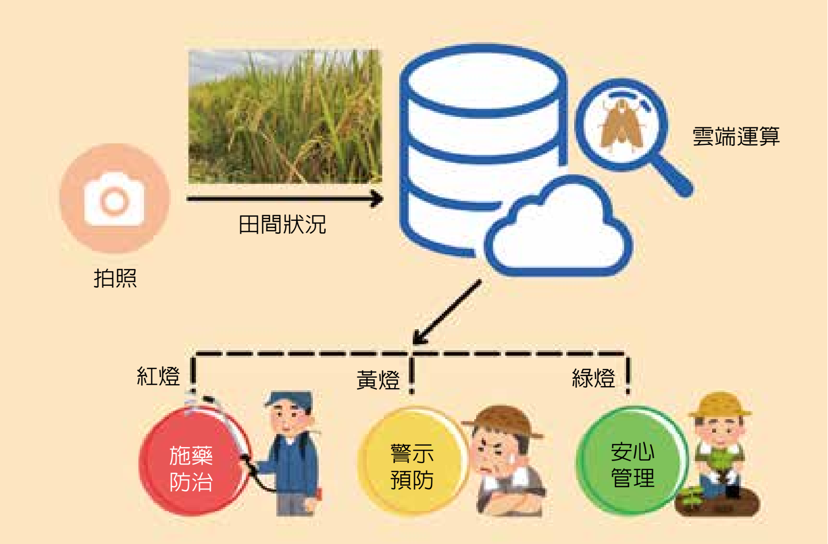
褐飛蝨警示技術的最重要核心是褐飛蝨蟲體辨識系統，整個辨識系統的

作　　者：賴明信研究員
連絡電話：04-23317103

設計與運作介紹如下。電腦視覺(computer vision)是一種讓電腦能夠「看見」並理解圖像或影片內容的技術，這與人類的視覺系統相似，但電腦是透過數學模型和演算法來解讀圖像中的資料(圖三)。

人類用眼睛看照片時，能夠識別出房子、樹木、天空等物體，電腦視覺的目標也是如此，讓電腦自動分析照片或影片，識別其中的物體、顏色、形狀，甚至物體間的關係。為達此目的，電腦視覺通過感測器 (通常是相機) 捕捉影像，再使用影像處理技術來分析和理解這些影像。電腦視覺技術的運作可分成四大步驟：

圖一、蝨燒。（來源：農業部臺中區農業改良場）



圖二、「褐飛蝨警示技術」示意圖。

(一) 影像取得：透過相機或其他影像設備來取得圖片影像。

(二) 圖像處理：須對圖片進行預處理以減少噪點、增強圖像品質，以進行後續分析。常見的預處理技術包括灰度化、二值化、去噪、對比度調整、邊緣檢測和尺寸縮放等。目的是為強化圖像中的重要特徵，從而提高後續分析的準確性。

(三) 特徵提取：特徵可以是顏色、紋理、形狀、邊緣等不同屬性。這些特徵是系統識別和分類目標物體的基礎。傳統的特徵提取方法包括邊緣檢測、霍夫變換等。

(四) 識別分類：傳統的分類器演算法如支持向量機等。

隨著近年人工智慧中的深度學習 (deep learning) 技術蓬勃發展，現今只需取得影像，後續三個步驟皆可透過深度學習技術自動完成。這項技術能從影像資料庫中學習特定特徵，進而掌握如何辨識和分類影像，最後將結果回饋給使用者。在眾多深度學習演算法模型中，卷積神經網路 (convolutional neural network, CNN) 特別適合處理影像數據，這也是本文介紹的褐飛蝨警示技術的核心技術。卷積神經網路的工作方式可以簡單分成三個部分 (圖四) 。

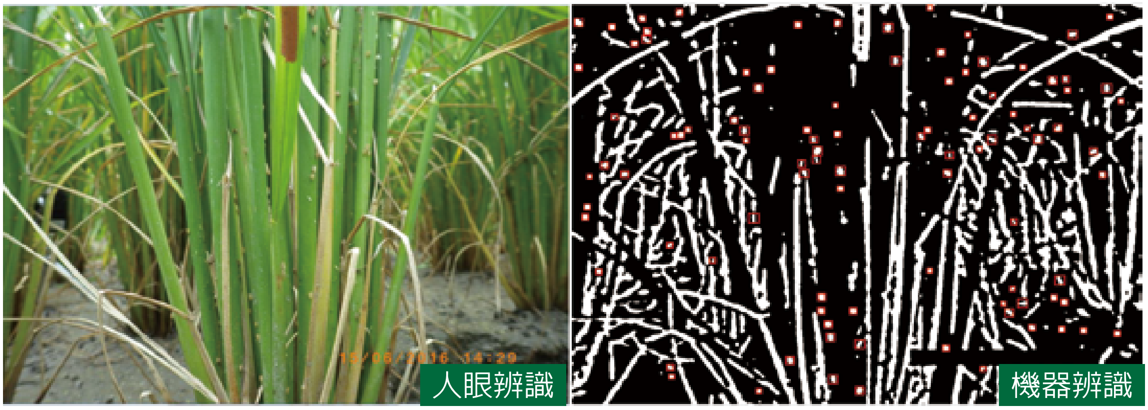
(一) 卷積層(convolutional layer)：這一層就像是圖片的「放大鏡」，它會掃描整張圖片，找出一些關鍵特徵，例如邊線、形狀或顏色變化等，這樣電腦就能知道圖片裡有哪些特徵需要注意。

(二) 池化層 (pooling layer)：當電腦找到特徵後，它會進行「壓縮」。把圖片簡化，但不會丟失重要信息。這就像是我們看圖片時，可以忽略掉一些細小的背景，專注在主要物體上。

(三) 全連接層 (fully connected layer)：最後一步，電腦會綜合所有找到的特徵，並進行「判斷」。告訴我們這張圖片裡的是什麼，例如它會說這是「貓」或是「狗」。

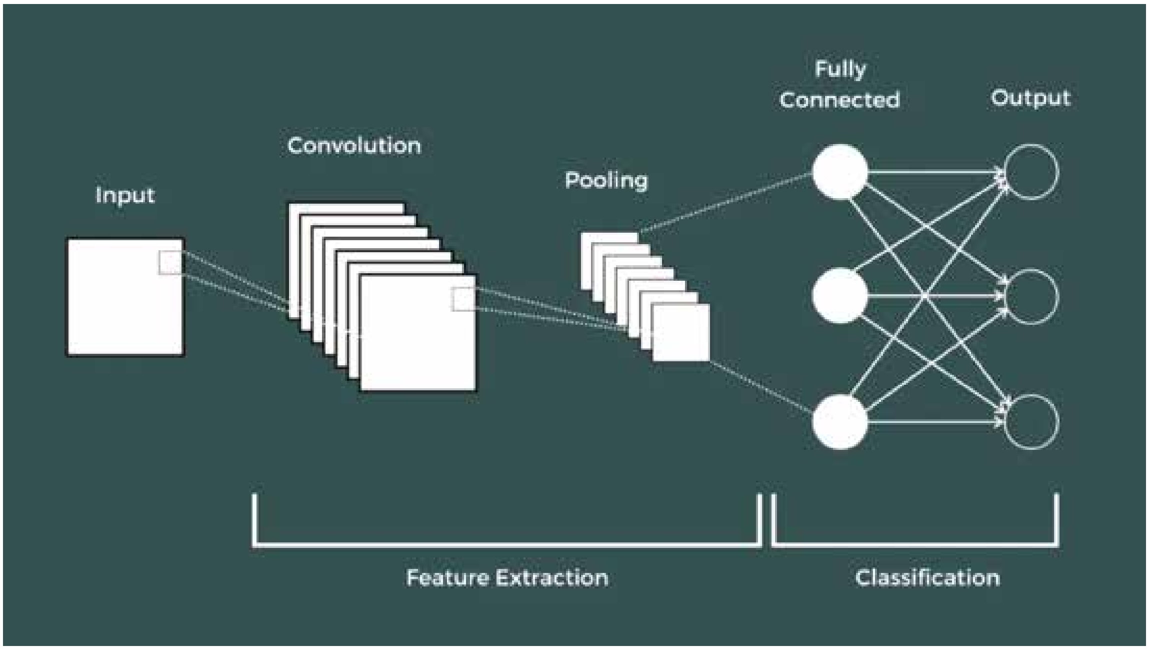
卷積神經網路的優勢在於能夠自動學習圖像中的特徵，無需手動設計特徵提取器，且能直接提供模型辨識後的結果。免去傳統電腦視覺技術需要的分段步驟，而能直接藉由一個模型程式完成。這些特點提供了褐飛蝨警示技術在使用者上傳水稻植株照片至系統後，扣除網路傳輸時間，辨識模型僅需要10秒即可辨識出一張1600萬畫素 (或以上) 的照片中有多少隻褐飛蝨。

褐飛蝨警示技術的建置過程，第一步是先建立蟲體影像資料庫，其條件不僅要求相當數量的照片影像，影像也必須有正確的標註。以本技術的需求為例，原始照片需人工一一標註稻株上的

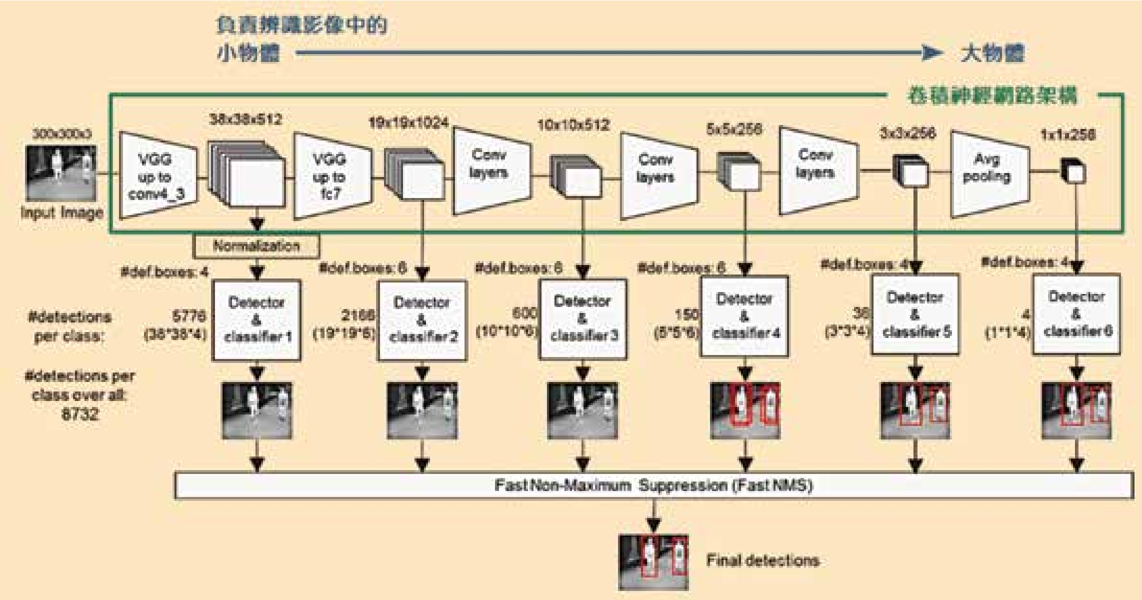


圖三、水稻褐飛蝨的人眼與機器眼辨識差異。

褐飛蝨蟲隻，才能提供優良的學習範本給予辨識模型進行學習與訓練。第二步是辨識模型的程式設計與開發，模型的運作過程簡述如下：從褐飛蝨影像資料庫中將影像資料輸入卷積神經網路，提取蟲體的特徵值。以此張影像生成多個不同解析度層次的特徵圖層，以高解析度特徵圖偵測大物件、低解析度特徵圖



圖四、卷積神經網路示意圖。(資料來源：Gyamfi et al. 2022)



圖五、褐飛蝨辨識模型架構。(資料來源：Feng & Wang 2021)

偵測小物件 (Liu et al. 2016)。接著以特徵圖同時進行兩項工作：一、以先驗框 (anchor boxes)判斷框內是否包含蟲隻，二、利用特徵圖對蟲隻位置作出更精確的預測 (圖五)。辨識模型透過上述的過程，並經由輸入不同的影像資料進行重複訓練，以過度擬合現象 (overfitting)發生前的模型版本為訓練完成的版本。最終將前端的使用者介面APP、褐飛蝨影像辨識軟體核心與後端的雲端伺服器與雲端資料庫整合，即是「褐飛蝨警示技術」(Lin et al. 2019)。

四、未來展望

褐飛蝨警示技術是一個隨使用者增加而愈發有效的預警系統。農民只需在巡視田地時拍攝並上傳一張照片，即可為自己的田地及周邊農戶完成蟲害檢測，使得每個人都能成為即時的監測站點，隨時提供全臺各個稻米生產基地的褐飛蝨流行資訊。隨著照片附帶的地理位置及天氣資訊的二次蒐集，更可提供農政單位追蹤褐飛蝨族群在臺灣的流行軌跡，並發布即時的防治警報。

面對極端氣候變遷，逐年氣溫上升導致褐飛蝨族群規模擴大、世代交替加速，過去判斷防治的經驗已經無法因應。褐飛蝨警示技術的廣泛使用，相信可以提供即時的蟲害資訊，而且可以提醒農民及時防治，所積累的蟲害流行與防治資訊，更可以造就農業知識財，成為激發產業應對蟲害防治的新思維。

五、參考資料

Feng, J., & Wang, Z. (2021). Pedestrian Detection Algorithm in SSD Infrared Image Based on Transfer Learning. In *Computer Supported Cooperative Work and Social Computing: 15th CCF Conference, ChineseCSCW 2020, Shenzhen, China, November 7–9, 2020, Revised Selected Papers 15* (pp. 697-704). Springer Singapore.

Gyamfi, N. K., Goranin, N., eponis, D., & enys, A. (2022). Malware detection using convolutional neural network, a deep learning framework: comparative analysis. *Journal of internet services and information security*., 12(4), 102-115.

Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). Ssd: Single shot multibox detector. In *Computer Vision–ECCV 2016: 14th European Conference, Amsterdam, The Netherlands, October 11–14, 2016, Proceedings, Part I 14* (pp. 21-37). Springer International Publishing.

Lin, W. R., Lee, K. T., Wang, S. J., Lai, M. H., & Chen, P. H. (2019). A Monitoring and Forewarning System for Rice Planthoppers. *Journal of Advanced Agricultural Technologies Vol*, 6(3), 180-186.

林慶元等 (2007)。《植物保護圖鑑系列：8》頁75-83。臺北市：行政院農業委員會動植物防檢局。